

東海道新幹線の安全と保守～車両のメンテナンスから～

大山 隆幸 (東海旅客鉄道株式会社)

Safety and Maintenance of Tokaido Shinkansen
Takayuki Oyama (Central Japan Railway Company)

1. 当社と東海道新幹線について

東海旅客鉄道株式会社 (JR東海) は、1987年4月1日国鉄の分割民営化に伴い、3大都市圏を結ぶ日本の大動脈輸送と、静岡、愛知、岐阜、三重の東海4県を中心とした輸送を担う企業として発足した。鉄道事業として、東海道新幹線 (東京～新大阪) と、在来線の東海道本線 (熱海～米原)、中央本線 (名古屋～塩尻)、関西本線 (名古屋～亀山)、紀勢本線 (亀山～新宮)、高山本線 (岐阜～猪谷)、身延線 (富士～甲府)、飯田線 (豊橋～辰野)、御殿場線 (国府津～沼津) 等の12線区において、安全・正確・快適な輸送サービスを御提供している。



図1 営業線区

加えて、当社グループ会社による事業として、不動産 (駅ビル、住宅)、デパート、ホテル等、地域に密着した鉄道関連のサービスを御提供している。



図2 新横浜中央ビル

東海道新幹線は、1964年の開業以来、これまで約50億人のお客様に御利用いただき、3大都市圏 (東京、名古屋、大阪) を結ぶ日本の交通の大動脈として、日本経済の成長を支えてきた。営業列車の脱線、衝突事故は皆無であり、1列車の平均遅延時間は0.5分 (2009年度) と、極めて高い安全性と正確性を確保している。

東海道新幹線の車両形式、営業開始時期及び営業開始時の最高速度は、以下のとおりである。



図3 0系 (1964年) 210 km/h



図4 100系 (1985年) 220 km/h



図5 300系 (1992年) 270 km/h



図6 700系(1999年) 270km/h



図7 N700系(2007年) 270km/h

当社発足直後から、300系車両の開発に取り組み、1992年以降、最高速度270km/hで走行できる300系車両を投入し、「のぞみ」として東京～新大阪間の運転時分を2時間30分に短縮した。1999年以降は700系車両を投入した。2003年10月に品川駅開業及び全列車最高速度270km/h化を実現したことに伴い、「ひかり」を主体としたダイヤから「のぞみ」を主体としたダイヤへと抜本的なダイヤ改正を行った。このダイヤ改正にあわせ、すべての車両を会社発足後に開発した300系車両と700系車両に置き換えた。それに先立つ2002年度にはN700系車両の開発を開始しており、1964年に開業した国鉄の新幹線は、2003年、名実ともにJR東海の新幹線へと完全に移行したと言える。

2005年3月のダイヤ改正では「のぞみ」を1時間当たり最大8本運転するダイヤとし、同年に開催された愛知万博に際しては、この輸送力を最大限活用し、多くのお客様に御利用いただくとともに安全輸送を完遂した。2007年7月のダイヤ改正では、開発を完成したN700系車両の営業運転を開始し、東京～新大阪間の運転時分を最大で5分短縮して2時間25分とした。さらに、2008年3月のダイヤ改正では、東海道・山陽新幹線を直通する「のぞみ」の増強、並びに全列車の品川駅・新横浜駅停車を実施した。

当社は、鉄道事業の最大の使命である「安全輸送の確保」のための諸施策に徹底して取り組むとともに、「安全・正確・高速・快適・高効率」という東海道新幹線のブランドを常にブラッシュアップしている。2007年

7月のダイヤ改正でデビューしたN700系車両は、快適性の追求、環境との調和、大幅な省エネルギー化などを最新の技術により実現した東海道・山陽新幹線として最新・最速・最良の直通車両である。日本の新幹線として初めて車体傾斜システムを採用して曲線通過速度を向上したほか、加速性能も向上したことにより、前述のとおり、東京～新大阪間の運転時分を最大で5分短縮して2時間25分とした。1964年に営業を開始した0系車両から、最新のN700系車両への着実な進歩は、技術開発への継続的な取り組みの成果である。

2007年7月に上下8本の列車で営業運転を開始したN700系車両は、2010年3月のダイヤ改正では上下130本に増強した。今後も、引き続き2011年度末までにN700系車両80編成を集中的に投入し、JR西日本が投入する16編成とあわせて、すべての定期「のぞみ」をN700系車両による運転とし、さらに多くのお客様にその快適な乗り心地やサービスをお楽しみいただけるようにする計画である。

2. 安全の追求

〈2.1〉 安全確保の3要素

安全輸送の確保は鉄道事業における最大の使命であり、当社内のどの職場にも掲げられている「安全綱領」には、その最初の項目に「安全は輸送業務の最大の使命である」と明記されている。

鉄道輸送において安全を確保するためには、多岐にわたる鉄道システムを一元的に管理する必要があるが、鉄道システムは多くの場合、以下のように「ハード」と「ソフト」に大別されることが多い。

ハード：車両、軌道、架線、信号等の設備

ソフト：ルール、体制、教育訓練、保守、等

メンテナンスの現場では、教育訓練を受けた作業員「人」が、「ルール」に従って設備「ハード」を点検、修繕するため、メンテナンスから鉄道輸送の安全確保を考える場合、

①「ハード」②「ルール」③「人」

の3要素が有機的に連携することが必要であると言える。

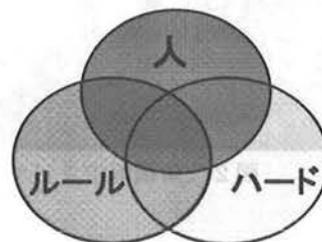


図8 安全確保の3要素

<2. 2> ハード

各種の安全装置等も含む設備は、安全の確保のために大切な要素であり、世の中の技術の進歩に沿った技術開発を進めて、より確実性の高いものへと改良を続ける必要がある。その際に重要な考え方として、以下の2つが挙げられる。

- ①フェールセーフの思想
(人はミスをするものと考える)
- ②多重化によるバックアップの思想
(設備は不具合を起こすものと考える)

また、上記の設備の不具合はメンテナンスの中からフィールドバックされ、設備の改良へとつなげられていく。

東海道新幹線の安全を確保している設備の例として、地震対策が挙げられる。東海道新幹線の地震対策については、これまでに、高架橋柱等の土木構造物の耐震補強や、早期地震警報システム(テラス)の導入、非常ブレーキ性能の向上による列車を早期に止める対策等に取り組み、現在、一部が完了する段階となっている。

しかし、2004年10月に発生した新潟県中越地震による上越新幹線での脱線事故を受け、JR東海では地震時の脱線防止と逸脱による被害の拡大防止を目的に、新たな地震対策の検討を進めてきた。その結果、従来から進めてきた地震対策に加え、新たな地震対策として、脱線防止ガード、逸脱防止ストッパおよび構造物の大きな変位を抑制する対策からなる、以下のような二重系の脱線・逸脱防止対策を2009年10月から進めている。

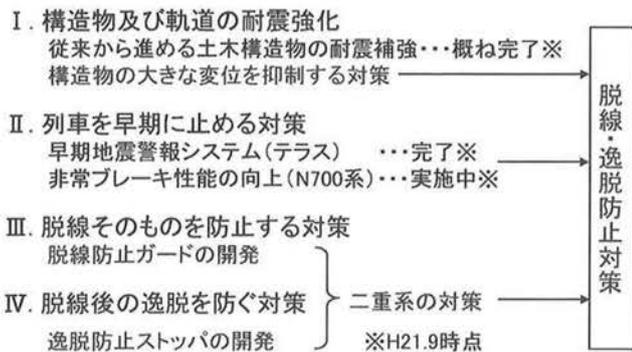


図9 基本的な考え方

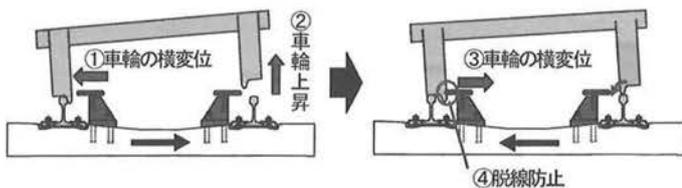


図10 ロッキング脱線に対するガードの有効性

<2. 3> ルール

ルールには、法令のような一般的なものから、社内規程、作業標準、チェックシートのようなものまで、様々な種類があるが、事故や不具合といった苦い教訓から作られたルールも多い。以下に例を示す。

鉄道事業法：鉄道事業等の運営を適正かつ合理的なものとするにより輸送の安全を確保し、鉄道等の利用者の利益を保護するとともに、鉄道事業等の健全な発達と公共の福祉の増進を図っている。

鉄道営業法：鉄道事業の独占性を保護し、地位を優先する反面、事業者に対して鉄道運営について公益優先を主眼として厳しい規則を定めている。

鉄道に関する技術上の基準を定める省令

鉄道の輸送に用いられる施設(線路、構造物、電気設備等)および車両の構造、定期検査を含む取り扱いについて、必要な技術上の基準を性能規定として定め、安全及び安定的輸送の確保を図っている。

社内規程：実施基準規程(運転取扱)

実施基準規程(車両構造)

実施基準規程(車両整備)

⇒メンテナンスに関して規定するもの

社内規程の一つとも言える作業標準は、個々の作業毎にもっとも安全で効率的な作業を追求して定められる。車両のメンテナンスにおいては、作業の手順、方法、動作、喚呼まで、細かく定められているが、重要なポイントは、その手順等がもっとも安全で効率的だという合理性を有していることである。合理的な手順だからこそ、覚えられ、誰が何処で作業しても、同じ手順で、安全確実かつ効率的な車両の検査を実現できている。

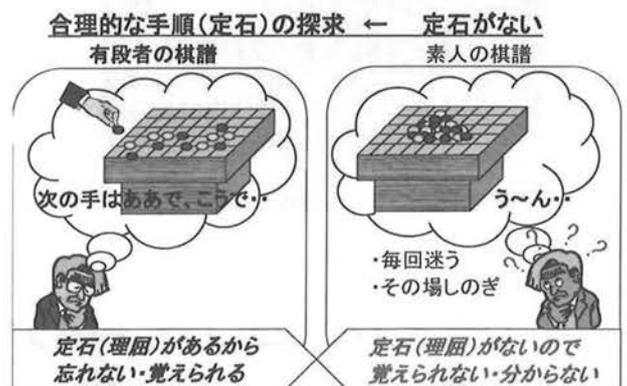


図11 標準作業の考え方

< 2. 4 > 人

メンテナンスにおいて大きな役割を果たす人には、士気と技術が必要である。士気とは、安全を第一に考え、ルールを遵守する意識、習慣を持つことである。技術とは、車両のメンテナンスで言えば、車両の構造等の設備や作業標準等のルールに関する正しい知識と、的確に作業する技能を、合わせ持つことである。しかし、どんなに高い士気と技術を持った作業員でも、人は絶対にミスをしたとは言えない。新幹線車両のメンテナンス現場では、過去のヒューマンエラー事例を活用して、ヒューマンエラーの撲滅を目指している。

具体的には、1 件 1 頁として、上部に遵守すべき作業のポイントを、下部には過去にそのポイントを守らなかったヒューマンエラーの結果として生じた不具合事例を記載した過去事例集「これだけは忘れない」を作成し、全作業員に配付して、教育訓練にも使用している。



図 1 2 過去事例集

また、一人では防ぎきれないヒューマンエラーも、二人で確認すれば、容易に防げることから、重要箇所の確認には、ダブルチェックを導入している。



図 1 3 ダブルチェック

3. 車両のメンテナンスの位置付け

< 3. 1 > 車両の一生

車両の一生は単に「製作」から「廃車」までではなく、図 1 4 のように、「技術開発」の成果を活かした「車両計画」に沿って、車両を「設計」し、「製作」した後に、「使用」と「保守」を繰り返すものである。「使用」と「保守」の繰り返しの中で判明した不具合は「改良」され、必要に応じて「設計」や「製作」、場合によっては「技術開発」へ、フィードバックされる。こうして、長い年月に渡り「使用」と「保守」を繰り返した後、「廃車」されるまでが車両の一生であるが、東海道新幹線においては、車両メーカーが担当する一部分を除き、当社の範囲内で、その全てを行っている。

< 3. 2 > メンテナンスの位置付け

車両は「製作」から「廃車」に至るまで長期に渡り使用するため、劣化等により故障が発生する恐れがある。これに対して、お客様に故障等による御迷惑をかけず、快適な車両を御提供するためには、定期的に又は必要の都度、車両のメンテナンスを行い、常に車両を良好な状態に保つ必要がある。

また、車両メンテナンスは、使用中の故障の実績や検査・修繕の実績など、車両についての情報を集め、その情報を「技術開発」、「設計」、「製作」の各部門へのフィードバックとして発信するという重要な位置付けも担っている。

< 3. 3 > メンテナンスから得られる情報の重要性

車両メンテナンスを狭い意味で「検査・修繕」と捉えれば、その意味は「使用により劣化、あるいは性能低下した車両の機能を回復する」ということになる。しかしこれは、装置や部品というハードに対する処置を述べているに過ぎず、車両メンテナンスにはこの他に、メンテナンスから得られる車両についての貴重な情報というソフトを、どのように有効に活かしていくかという課題がある。

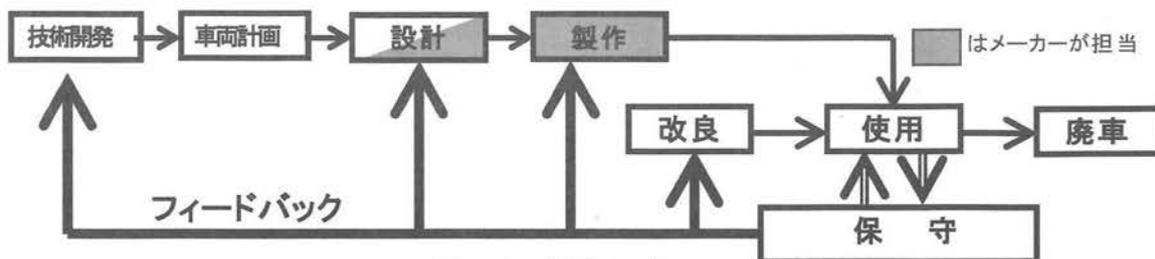


図 1 4 車両の一生

車両メンテナンスを継続的に行っていくと、個々の装置、部品や車両についての情報が蓄積される。これを様々な角度から整理、分析すると、一群のデータとなる。このデータは極めて重要な価値を持っており、車両の「技術開発」、「設計」、「製作」などにおいて、数多くの事柄を判断する根拠となる。また、開発時や設計時に意図された事柄の妥当性は、日々の車両メンテナンスから得られるデータにより、初めて実証されることから、このデータが重要な価値を持っているとも言える。

4. 車両メンテナンスの概要

< 4. 1 > 予防保全と事後保全

一般的にメンテナンスの種類には以下の2通りがある。

予防保全：設備の機能停止又は不良を防止するために、必要な部位又は全般にわたって、事前に行う保全

事後保全：設備の機能停止又は不良が発見された後に、その機能を回復させるために、必要な部位に対して行う保全

車両の設計では、予期せぬ不良が発生しても、安全・安定輸送を損なわないように、フェールセーフや多重系化によるバックアップが図られている。そのため、車両のメンテナンスは、後述する検査周期に基づく定期検査による「予防保全」と、予期せぬ不良に対して修繕を行う「事後保全」によって、成り立っている。

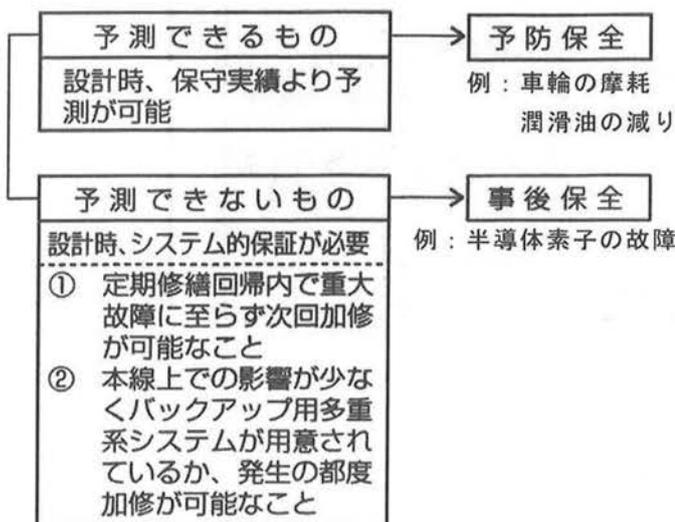


図15 予防保全と事後保全

< 4. 2 > 各定期検査の検査周期

新幹線車両に対して、予防保全として行われる各定期検査の周期は、以下の図のとおりである。

- ×：仕業検査・・・検査完了時期から2日目充当する
連続する1運用が終了するまで
- ：交番検査・・・30日又は3万キロ毎
- ▲：台車検査・・・1.5年又は60万キロ毎
- ◎：全般検査・・・3年又は120万キロ毎

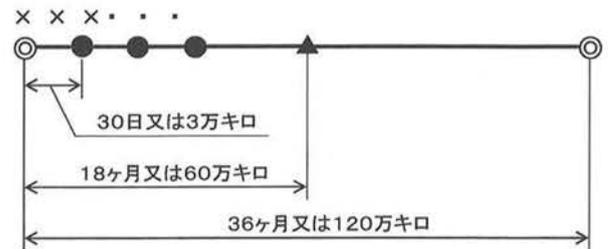


図16 新幹線車両の定期検査周期

< 4. 3 > 各定期検査の検査内容

新幹線車両に対して、予防保全として行われる各定期検査の内容は、以下の表のとおりである。

表1 新幹線車両の定期検査内容

検査の種類	検査の内容
仕業検査	使用状況に応じて、消耗品の補充取替や集電装置、走行装置、ブレーキ装置、車体等の状態及び作用について、外部から行う検査
交番検査	使用状況に応じて、一定の周期で、集電装置、走行装置、ブレーキ装置、車体等の状態、作用及び機能や、電気部品の電気抵抗について、在姿状態で行う検査
台車検査	使用状況に応じて、一定の周期で、主電動機、走行装置、ブレーキ装置、その他の重要な装置の特定主要部分を解体の上、細部について行う検査
全般検査	使用状況に応じて、一定の周期で、車両の主要部分を取り外し、細部について全般的に行う検査

5. 車両メンテナンスの進む方向

車両を構成する機器、部品は、近年、電子部品化（半導体素子等）が進み、信頼性、耐久性が大幅に向上した。その一方で、使用時間や走行距離に相関性のない偶発的故障が散発するようになった。こうした電子部品の偶発的故障を、定期検査による予防保全で防ぐのは困難になりつつある。また、最近のIT技術の発達により、大量の情報を収集、伝送、保存することが可能になってきた。

こうした変化を受けて、車両メンテナンスの状況も変わってきている。まず、走行中の車両の各機器、部品の動作状態（電圧電流、温度、振動等）を、リアルタイムで収集・把握し、運転台や総合指令室へ伝送して、リアルタイムでモニターすることや、伝送された動作状態を記録装置に保存しておくことが出来るようになってきている。さらに、これらの動作状態を監視することで、機器、部品の動作、特性の変化を検知し、兆候を掴んで、故障に至る前に処置することが可能となってきた。こうした方法で行う新しいメンテナンスは状態監視保全と言われ、前述の予防保全と事後保全の一部が、今後、状態監視保全に置き換わっていくものと考えられる。そして、予防保全と事後保全に、状態監視保全を組み合わせることによって、電子部品化（半導体素子等）が進んだ車両を適切にメンテナンスし、良好な状態でお客様に御提供していくことと想定される。

6. 終わりに

東海道新幹線は航空機や自動車に比べエネルギー効率が高く、極めて環境優位性の高い輸送システムである。今後もお客様に東海道新幹線をお選びいただけるよう、省エネルギー性能の優れたN700系車両を投入しつつ、「安全・正確・高速・快適・高効率」という東海道新幹線のブランドを常にブラッシュアップしていく。

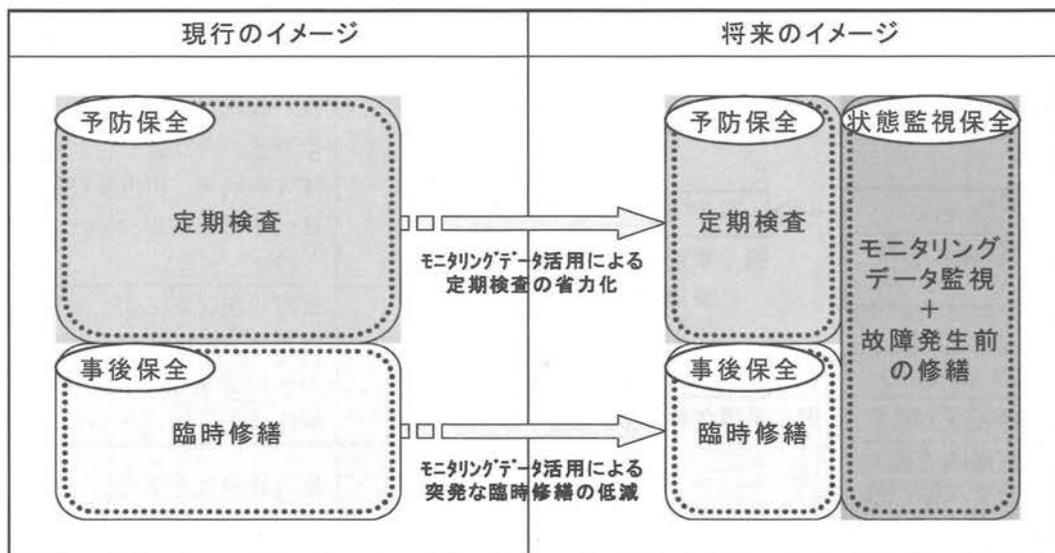


図 1 7 車両メンテナンスの将来像